

# DISK RECORDING METHOD AND DISK RECORDER

Publication number: JP2679596 (B2)

Publication date: 1997-11-19

Inventor(s): FURUMIYA SHIGERU, ; NAKAJIMA TAKESHI, ; TAKEMURA YOSHIYA

Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: G11B7/00; G11B7/0045; G11B7/00; (IPC1-7): G11B7/00

- European: G11B7/0045S

Application number: JP19930279513 19931109

Priority number(s): JP19930279513 19931109

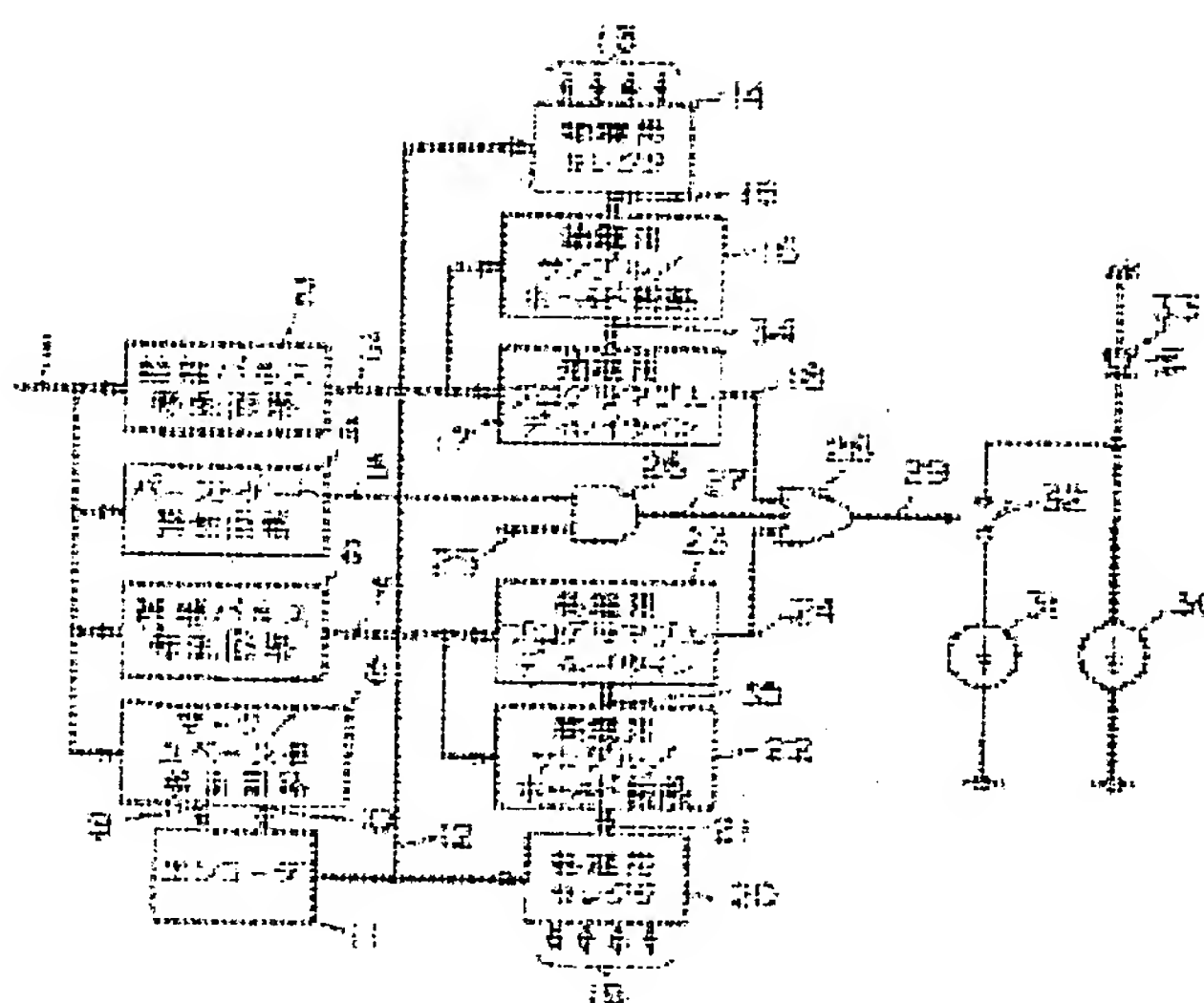
Also published as:

JP7129959 (A)

## Abstract of JP 7129959 (A)

**PURPOSE:** To improve a reproduction error rate and to attain high density recording when the data are PWM recorded on a rewritable optical disk by compensating thermal interference between marks and a peak shift due to a frequency characteristic at the time of reproducing.

**CONSTITUTION:** This device is constituted so that a signal equivalent to the mark of PWM recording is resolved into to a start end part with a fixed width, an intermediate part with a burst state and an end part with the fixed width by a start end pulse generation circuit 2, a burst gate generation circuit 4 and an end pulse generation circuit 6, and recording is performed by switching a binary laser output at high speed with the signals. Then, by detecting the positions of the starting part and the trailing part of the mark when a mark length is smaller and when space lengths of front and rear of the mark are smaller, and recording them changing from the positions when the mark length and the space length are longer, the peak shift due to the thermal interface and the reproducing frequency characteristic is compensated at the time of recording.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2679596号

(45)発行日 平成9年(1997)11月19日

(24)登録日 平成9年(1997)8月1日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/00		9464-5D	G 1 1 B 7/00	L

請求項の数6 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-279513

(22)出願日 平成5年(1993)11月9日

(65)公開番号 特開平7-129959

(43)公開日 平成7年(1995)5月19日

早期審査対象出願

(73)特許権者 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 古宮 成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(72)発明者 中嶋 健

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(72)発明者 竹村 佳也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

審査官 小林 秀美

(56)参考文献 特開 昭63-48617 (J P, A)

(54)【発明の名称】 ディスク記録方法およびディスク記録装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスク状記憶媒体に複数パワーのレーザー光を切り換えて照射し、データをマークおよびスペースの長さ情報として記録するディスク記録方法であって、前記レーザー光の第1パワーが第2パワーより大きいとき、マークの始端部分と終端部分は一定幅の第1パワーを照射し、前記マークの中間部分は第1のパワーのレーザー光と第2のパワーのレーザー光を交互に切り換えて照射してデータを記録し、前記マークの始端部分と終端部分の位置を、記録するマーク長およびその前後のスペース長によりそれぞれ随時変化させて記録することを特徴とするディスク記録方法。

【請求項2】 前記マークの始端部分の位置を、記録するマーク長およびその前のスペース長により、また、前記マークの終端部分の位置を、記録するマーク長およびそ

2

の後のスペース長によりそれぞれ随時変化させて記録することを特徴とする請求項1記載のディスク記録方法。

【請求項3】 マークの始端部分と終端部分の幅がデータクロックの概略1周期分であって、前記マークの中間部分の切り換え周期がデータクロックの概略2分の1周期分である請求項1または2記載のディスク記録方法。

【請求項4】 ディスク状記録媒体に複数パワーのレーザー光を切り換えて照射し、データをマークおよびスペースの長さ情報として記録するディスク記録装置であって、前記レーザー光の第1パワーが第2パワーより大きいとき、マークの始端部分と終端部分は一定幅の第1パワーを照射し、前記マークの中間部分は第1のパワーのレーザー光と第2のパワーのレーザー光を交互に切り換えて照射してデータ記録するためのパルス発生手段と、記録するマーク長およびその前後のスペース長を検出す

10

るマーク／スペース長検出手段と、前記マーク／スペース長検出手段の検出結果に応じて前記マークの始端部分と終端部分の位置を随時変化させて記録するように制御するパルス位置制御手段とを有したディスク記録装置。

【請求項 5】パルス位置制御手段は、前記マーク／スペース長検出手段の検出結果の内、記録するマーク長とその前のスペース長に応じて前記マークの始端部分の位置を、また、記録するマーク長とその後のスペース長に応じて前記マークの終端部分の位置をそれぞれ随時変化させて記録するように制御することを特徴とする請求項 4 記載のディスク記録装置。

【請求項 6】マークの始端部分と終端部分の幅がデータクロックの概略 1 周期分であって、前記マークの中間部分の切り換え周期がデータクロックの概略 2 分の 1 周期分である請求項 4 または 5 記載のディスク記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、書換型光ディスクにビット長記録方式でデータを記録するためのディスク記録方法およびディスク記録装置に関するもので、特に、記録データを整形して再生信号のエッジ位置を正確にする記録補償に関するものである。

【0002】

【従来の技術】データの高密度記録が可能なディスク状記録媒体の一つに相変化型光ディスクがある。相変化型光ディスクへのデータの記録は、絞ったレーザー光を回転するディスクに照射し、記録膜を加熱融解させることで行う。その記録レーザー光の強弱により記録膜の到達温度及び冷却過程が異なり、記録膜の相変化が起こる。

【0003】即ち、レーザー光が強い時は、高温状態から急速に冷却するので記録膜がアモルファス化し、また、レーザー光が比較的弱い時は、中高温状態から徐々に冷却するので記録膜が結晶化する。アモルファス化した部分を通常マークと呼び、結晶化した部分をスペースと呼ぶ。そして、このマークとスペースに二値情報を記憶する。また、相変化型光ディスクは、1つのレーザー光で、古いデータの消去と新しいデータの記録を同時に行うこと、即ち、ダイレクトオーバーライトが可能である。

【0004】再生時は、記録膜が相変化を起こさない程度に弱いレーザー光を照射し、その反射光を検出する。アモルファス化したマーク部分は反射率が低く、結晶化したスペース部分は反射率が高い。よって、マーク部分とスペース部分の反射光量の違いを検出して再生信号を得る。

【0005】相変化型光ディスクへのデータの記録方式として、ビット位置記録方式（またはパルス位置記録方式、PPMと略す）とビット長記録方式（またはパルス長記録方式、PWMと略す）がある。PPMはパルス長一定の比較的短いマークを様々なスペースをあけて記録

し、マークの位置に記録情報を割り当てる。一方、PWMは様々な長さのマークを様々なスペースをあけて記録し、マーク長およびスペース長の両方に記録情報を割り当てる。従って、通常PPMよりPWMのほうが情報記録密度が高くなる。

【0006】PWM記録を行う場合、PPM記録と比較して長いマークを記録する。相変化型光ディスクに、マーク部分に一定のレーザーパワーを照射して長いマークを記録すると、記録膜の蓄熱効果のために、マークの後半部ほど半径方向の幅が太くなる。これは、ダイレクトオーバーライトしたとき消し残りが発生したり、再生時にトラック間の信号クロストークが発生するなど、信号品質を大きく損ねる。

【0007】また、前述したように相変化型光ディスクは、マーク部分の方がスペース部分より光の反射率が低い。このことは逆に、マーク部分の方が熱吸収率が高いことを意味する。また、記録膜の相がアモルファスと結晶とで必要とする融解熱が異なる。従って、ダイレクトオーバーライトの時に、既にあるマークとスペースに同じレーザーパワーを加えて記録しても熱吸収量および到達温度が異なり、形成されるマークのエッジ位置が変動する。特に、マーク後半部で照射光量を弱くした従来の記録方法では、マーク終端部分のエッジ位置変動が顕著になり、オーバーライト特性の劣化が課題であった。

【0008】更に、記録密度を高めるために、記録するマークおよびスペースの長さを短くすることが考えられる。この場合、特にスペース長が小さくなると、記録したマークの終端の熱がスペース部分を伝導して次のマークの始端の温度上昇に影響を与えたり、逆に次に記録したマークの始端の熱が前のマークの終端の冷却過程に影響を与えたりする熱干渉が生じる。従来の記録方法で熱干渉が生じると、マークのエッジ位置が変動することになり、再生時の誤り率が増加するという課題があった。

【0009】そこで、上述の課題を解決するために、長いマークの半径方向の幅をほぼ一定に記録し、かつ、ダイレクトオーバーライト時のマークエッジ位置の変動を低減し、また、短いスペースでもマーク間の熱干渉が発生せずエッジ位置変動が起こらないディスク記録方法を既に提案した（特願平 5-80491 号）。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】特願平 5-80491 号に記したディスク記録方法は、短いスペースの熱干渉を防ぐために断熱パルスという手段を用い、レーザーの駆動に 3 値以上のパワーを用いる必要があった。これは、高性能を得る反面、装置の実施規模を増大させコストアップを招くという課題があった。

【0011】また、更なる高密度記録再生を行い、記録マークおよびスペースの長さを短くした場合、例えばディスク上で正確な長さのマークおよびスペースが形成されていても、再生光学系の高周波減衰の周波数特性が原因

で、再生時に検出される短いマークおよびスペースのエッジ位置が、理想値と異なって再生されるという問題が発生する。この検出エッジと理想値とのズレを一般にピークシフトと呼ぶ。

【0012】図3を用いてこれを説明する。aはディスク上に高密度に記録されたマークおよびスペースの状態を表し、bはaのエッジ位置を幾何学的に再現した理想的な再生データである。cはディスク再生装置によって周波数特性の補正無しにaを再生した場合の再生信号波形であり、dは再生信号cをスライスレベルで2値化した再生データである。同様に、eはディスク再生装置によって周波数特性の補正を行ってaを再生した場合の再生信号波形であり、fはeをスライスレベルで2値化した再生データである。ここで、図3中の短いマークgと短いスペースh部分の再生データが、dとfで理想値bと異なる値となることが問題となる。

【0013】即ち、再生時に周波数特性の補正を行わないc、dの場合、ディスクの再生特性は高周波減衰特性となっているので、短いマーク/スペースの信号は周波数が高いので振幅の減衰が大きくなり、スライスレベルの位置では理想値より幅が小さくなってピークシフトが発生する。

【0014】逆に、再生時に周波数特性の補正を過度に行ったe、fの場合、短いマーク/スペースの信号は振幅が大きくなり、スライスレベルの位置では理想値より幅が大きくなり、今度は逆方向のピークシフトが発生する。

【0015】そこで、周波数特性の補正量をピークシフトが発生しない値に設定することも可能であるが、これが再生信号のSNR（信号対雑音比）を最も良くしノイズの少ない再生データが得られる条件と必ずしも一致しない。

【0016】つまり、高密度記録では、記録時のマーク間の熱干渉によるピークシフト以外に、再生系の周波数特性によってもピークシフトが発生するという課題があった。

【0017】本発明は、上述の課題をすべて解決するものであり、書換型光ディスクにデータをPWM記録する場合に、2値のレーザーパワーで、長いマークの幅をほぼ一定にし、更に、ダイレクトオーバーライト時のマーク終端のジッター増加を防止し、かつ、高密度記録時のマーク間の熱干渉および再生時の周波数特性によるピークシフトの発生を記録時に補償できるディスク記録方法およびディスク記録装置を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】 上述の目的を達成するため、本発明のディスク記録方法は、ディスク状記憶媒体に複数パワーのレーザー光を切り換えて照射し、データをマークおよびスペースの長さ情報として記録するディスク記録方法であって、前記レーザー光の第1パワーが

第2パワーより大きいとき、マークの始端部分と終端部分は一定幅の第1パワーを照射し、前記マークの中間部分は第1のパワーのレーザー光と第2のパワーのレーザー光を交互に切り換えて照射してデータを記録し、前記マークの始端部分と終端部分の位置を、記録するマーク長およびその前後のスペース長によりそれぞれ随時変化させて記録する。

【0019】また、本発明のディスク記録装置は、ディスク状記録媒体に複数パワーのレーザー光を切り換えて照射し、データをマークおよびスペースの長さ情報として記録するディスク記録装置であって、前記レーザー光の第1パワーが第2パワーより大きいとき、マークの始端部分と終端部分は一定幅の第1パワーを照射し、前記マークの中間部分は第1のパワーのレーザー光と第2のパワーのレーザー光を交互に切り換えて照射してデータ記録するためのパルス発生手段と、記録するマーク長およびその前後のスペース長を検出するマーク/スペース長検出手段と、前記マーク/スペース長検出手段の検出結果に応じて前記マークの始端部分と終端部分の位置を随時変化させて記録するように制御する構成となっている。

【0020】

【作用】従って、本発明によれば、PWM記録のマークに相当する信号を、一定幅の始端部分、バースト状の中間部分、一定幅の終端部分に分解した信号とし、これで2値のレーザー出力を高速にスイッチングして記録する。すると、長いマークの中間部分はバースト状にレーザー電流を駆動することによりマーク形成に必要最小限のパワーを照射するのでマーク幅が広がらずほぼ一定幅となる。マークの始端終端部分には一定幅のレーザー光が十分に照射されるので、ダイレクトオーバーライト時にも、形成されるマークのエッジ部分のジッターが増加しない。更に、マークの始端部分と終端部分の位置を、マーク長が小さい時とマーク前後のスペース長が小さい時にこれを検出し、長いマークとスペースの時の位置とは変化させて記録することにより、熱干渉や再生周波数特性に起因するピークシフトを記録時に補償することが可能となる。

【0021】

【実施例】以下本発明の実施例を図を用いて説明する。図1に本発明のディスク記録方法を実現するディスク記録装置の実施例のブロック図を、図2に本実施例の各部の信号波形図を示す。

【0022】まず、図面の説明をする。図1において、1はデータ、2は始端パルス発生回路、3は始端パルス、4はバーストゲート発生回路、5はバーストゲート信号、6は終端パルス発生回路、7は終端パルス、8はマーク/スペース長検出回路、9は2Tマーク信号、10は2Tスペース信号、11はエンコーダ、12はセレクト信号、13は複数の始端設定値、14は始端用セレ

クタ、15は選択始端設定値、16は始端用サンプル／ホールド回路、34はホールド始端設定値、17は始端用プログラマブルディレイライン、18は遅延始端パルス、19は複数の終端設定値、20は終端用セクタ、21は選択終端設定値、22は終端用サンプル／ホールド回路、35はホールド終端設定値、23は終端用プログラマブルディレイライン、24は遅延終端パルス、25はクロック、26はANDゲート、27はバースト信号、28はORゲート、29は記録信号、30は消去電流源、31は記録電流源、32はスイッチ、33はレーザーダイオードである。

【0023】図2において、a～nは図1におけるデータ1、始端パルス3、バーストゲート信号5、クロック25、終端パルス7、2Tマーク信号9、2Tスペース信号10、セレクト信号12、ホールド始端設定値34、遅延始端パルス18、ホールド終端設定値35、遅延終端パルス24、バースト信号27、記録信号29の信号波形をそれぞれ表す。oはディスク上に記録されたマークおよびスペースの状態を示し、pはディスク再生装置により記録されたマークおよびスペースを再生した再生信号、qはこれをスライスレベルで2値化して得られた再生データである。

【0024】次に、動作の説明をする。なお本実施例では、データ1はクロック単位の長さで、クロックの2周期以上のH<sub>i</sub>期間およびL<sub>o</sub>期間を持つPWMデータ

(図2a)とし、データのH<sub>i</sub>期間をディスク上でマーク、L<sub>o</sub>期間をスペースに対応させて記録する。また、始端パルス3および終端パルス7の幅はクロックの1周期、1つのバースト信号27の幅はクロックの2分の1周期とする。更に、マーク／スペース長検出回路8は、高密度記録でマーク間の熱干渉が発生するスペース長、および再生系の周波数特性によってピークシフトが発生するマーク／スペース長について検出する。本実施例では記録すべきデータ列に存在する最短の2Tマークおよび2Tスペースを検出するものとする。

【0025】まず、始端パルス発生回路2において、データ1のH<sub>i</sub>期間の始端部分にクロックの1周期幅の始端パルス3を発生する(図2b)。バーストゲート発生回路4において、記録されるマーク(図2o)のほぼ中間位置に(データのH<sub>i</sub>期間-3クロック)の長さでバーストゲート信号5を発生する。但し、マーク長が3クロック以下の時はバーストゲート信号は発生しない(図2c)。終端パルス発生回路6において、データ1のH<sub>i</sub>期間の終端部分にクロックの1周期幅の終端パルス7を発生する(図2e)。

【0026】マーク／スペース長検出回路8において、2クロック幅のデータ、即ち2Tマークと2Tスペースを検出し、2Tマークが来たときは2Tマークの始端パルス終端パルスを含むように2クロック幅の2Tマーク信号9を発生し(図2f)、2Tスペースが来たときは

2Tスペースの両端の終端パルス始端パルスを含むように4クロック幅の2Tスペース信号10を発生する(図2g)。

【0027】エンコーダ11において、前記2Tマーク信号9と2Tスペース信号10により、前記始端パルス3および終端パルス7の属性を決定し、セレクト信号12として出力する。即ち、3T以上のマークの次に3T以上のスペースが来る場合または3T以上のスペースの次に3T以上のマークが来る場合をnormal、3T以上のマークの次に2Tスペースが来る場合または2Tスペースの次に3T以上のマークが来る場合を2Ts、2Tマークの次に3T以上のスペースが来る場合または3T以上のスペースの次に2Tマークが来る場合を2Tm、2Tマークの次に2Tスペースが来る場合または2Tスペースの次に2Tマークが来る場合を2Ts-2Tmという名称の4種類の属性に分類すると、例えば、図2において、始端パルス100は2Ts、終端パルス101はnormal、始端パルス102は2Tm、終端パルス103は2Ts-2Tmとなる(図2h)。

【0028】次に、始端用セクタ14において、複数の始端設定値13、即ち前記normalの時の始端設定値、2Tsの時の始端設定値、2Tmの時の始端設定値、2Ts-2Tmの時の始端設定値の中から、セレクト信号12により1つを選択し選択始端設定値15を出力する。始端用サンプル／ホールド回路16において、始端パルス3が来たときだけ更新し、始端パルス3が来ない時は前の値を保持してホールド始端設定値34として出力する(図2i)。そして、始端用プログラマブルディレイライン17において、始端パルス3はホールド始端設定値34に基づいた値の遅延時間の後に遅延始端パルス18として出力される(図2j)。

【0029】同様に、終端用セクタ20において複数の終端設定値19の中からセレクト信号12により1つを選択し選択終端設定値21を出力し、終端用サンプル／ホールド回路22において、終端パルス7が来たときだけ更新し、終端パルス7が来ない時は前の値を保持してホールド終端設定値35として出力する(図2k)。そして、終端用プログラマブルディレイライン23において、終端パルス7はホールド終端設定値35に基づいた値の遅延時間の後に遅延終端パルス24として出力される(図2l)。

【0030】更に、ANDゲート26において、前記バーストゲート信号5とクロック25の論理積をとりバースト信号27を発生する(図2m)。ORゲート28において、前記遅延始端パルス18と前記バースト信号27と前記遅延終端パルス24の論理和をとり記録信号29を発生する(図2n)。

【0031】レーザーダイオード33は消去電流源30により、相変化型光ディスクの消去パワーを発光するようにバイアスされている。この消去電流源30と並列に

10

20

30

40

50

記録電流源 3 1 を設けスイッチ 3 2 により記録電流源 3 1 の電流を on/off すると、レーザーダイオード 3 3 の駆動電流が記録電流と消去電流の間でスイッチングできる。即ち、このスイッチ 3 2 を前記記録信号 2 9 で制御する事により、レーザーダイオード 3 3 を記録パワーと消去パワーで切り換えながら発光させることができ、レーザーダイオード 3 3 を内蔵した光学ヘッド（図示せず）をもちいて、相変化型光ディスクにマークおよびスペースを形成する（図 2 o）。

【0032】以上の一連の動作で本実施例のディスク記録装置は、マークの始端部分と終端部分の位置を記録するマーク長およびその前後のスペース長に応じてそれぞれ随時変化させて、PWMデータに対応したマークおよびスペースを記録することができる。

【0033】データが記録されたディスクから再生信号を得るためのディスク再生装置の一実施例を図 4 に示す。図 4 において、200 はデータが記録されたディスク、201 はディスク 200 を回転させるスピンドルモータ、202 はディスク 200 から再生信号を得るための光学ヘッド、203 は、再生信号を増幅するプリアンプ、204 は再生信号の周波数特性を補正するイコライザ、205 は周波数特性を補正した再生信号 208 をスライスレベル電圧 206 で 2 値化するコンパレータ、207 は得られた再生データである。

【0034】図 4 の再生信号 208、再生データ 207 は、図 2 において p、q のような波形となる。本実施例によれば、得られた再生データ 207（図 2 q）は、記録する前のデータ 1（図 2 a）と同じ波形が得られる。イコライザ 204 の周波数特性は、フラットな特性でも良いが、ディスクの再生系の高周波減衰特性を補正しピークシフトを防止し、かつ、再生信号 208 に含まれるノイズの周波数分布を変化させ再生信号の SNR（信号対雑音比）を良くし再生のエラーレートを改善できる特性に設定することが望ましい。しかし、前記ピークシフトと SNR の両方を共に最良にする特性のイコライザは実施困難となる場合が多い。

【0035】ところが、本発明の実施例のディスク記録装置は、前記複数の始端設定値 13 および複数の終端設定値 19 として、使用するディスク再生装置の再生周波数特性に合わせた最適値をそれぞれ用いることができる。よって、再生信号の SNR が最良となる再生周波数特性をイコライザ 204 で実現し、その時発生するピークシフトは本実施例ディスク記録装置で補償することにより、再生したマークおよびスペースの始端終端エッジを、ノイズジッターが少なく、しかも正確な位置で検出することができる。

【0036】なお、本実施例では、書換型光ディスクとして、相変化型光ディスクを例に挙げて説明したが、光磁気ディスクでも同様の実施が可能である。但し、光磁気ディスクで光変調記録を行う場合、レーザー光の 2 値

の出力として、記録パワーと、零または再生パワーの 2 種類を用いると良い。また、始端パルスと終端パルスの幅は、クロックの 1 周期に限るものではなくその他の値でも良い。しかし、本実施例のようにクロックの 1 周期とすれば、クロックの 1 周期幅のパルスは同期回路で簡単につくることができるので、実施回路規模を小さくできるメリットは大きい。同様の理由で、バースト信号の幅も、クロックから直接つくることができるクロックの 2 分の 1 周期を用いるとよい。

【0037】

【発明の効果】以上のように本発明のディスク記録方法およびディスク記録装置によれば、書換型光ディスクにピット長記録方式でデータを記録する応用において、記録信号のエッジ位置変動を最小限に抑制することが可能で、また、オーバーライト特性も向上できる。更に、再生系の周波数特性が原因で発生する再生データのエッジ位置変動を、予め記録時に補償することが可能である。よって、ディスク再生装置のエラーレートを改善することができ、結果として、データの記録密度を大幅に向上することが可能である。従って、データ情報量の膨大な画像ファイル装置等に利用するとその性能向上効果は著しい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例におけるディスク記録装置のブロック図

【図 2】本発明の実施例におけるディスク記録装置の各部の信号波形図

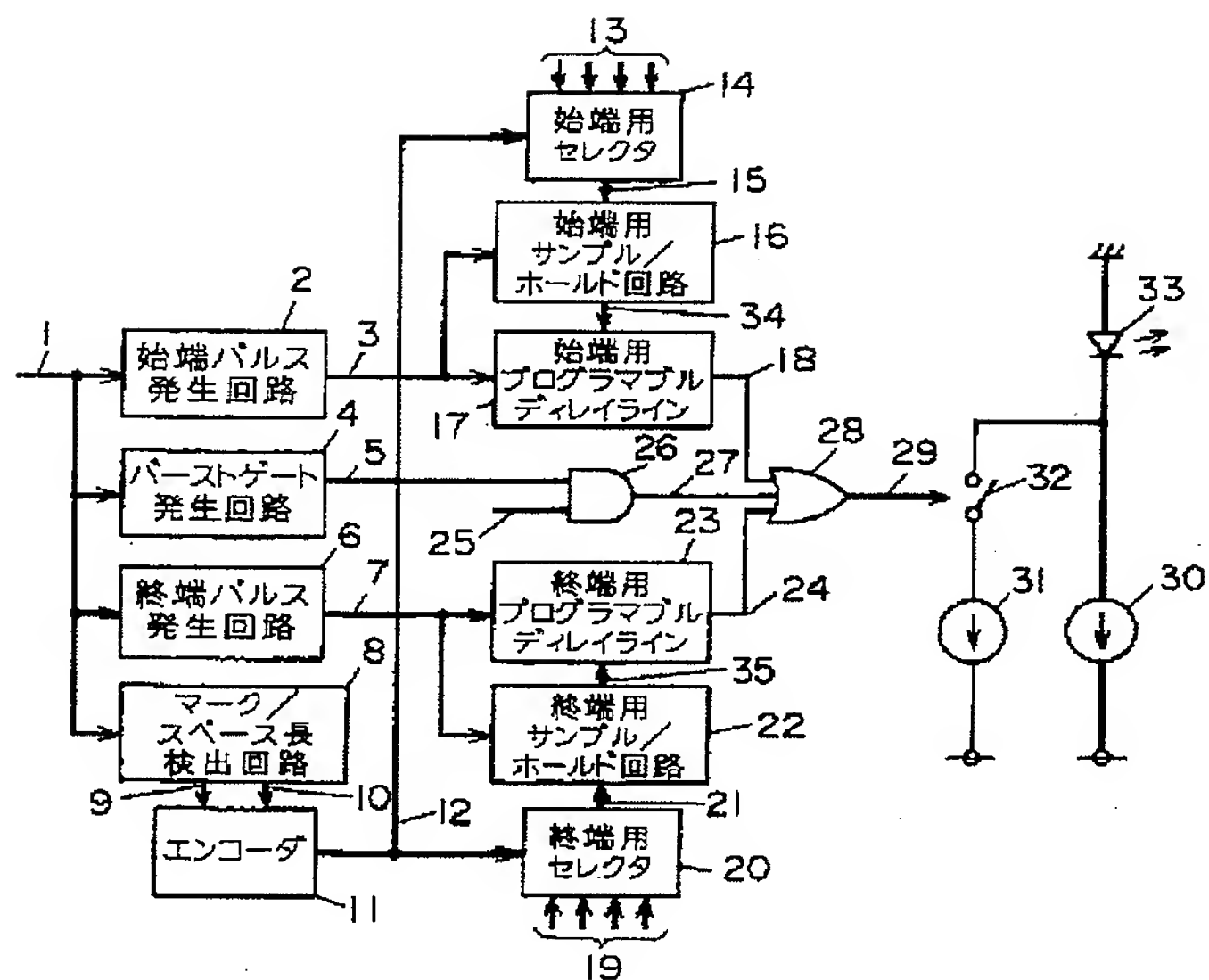
【図 3】本発明が解決しようとする課題を説明するための信号波形図

【図 4】本発明の実施例におけるディスク再生装置のブロック図

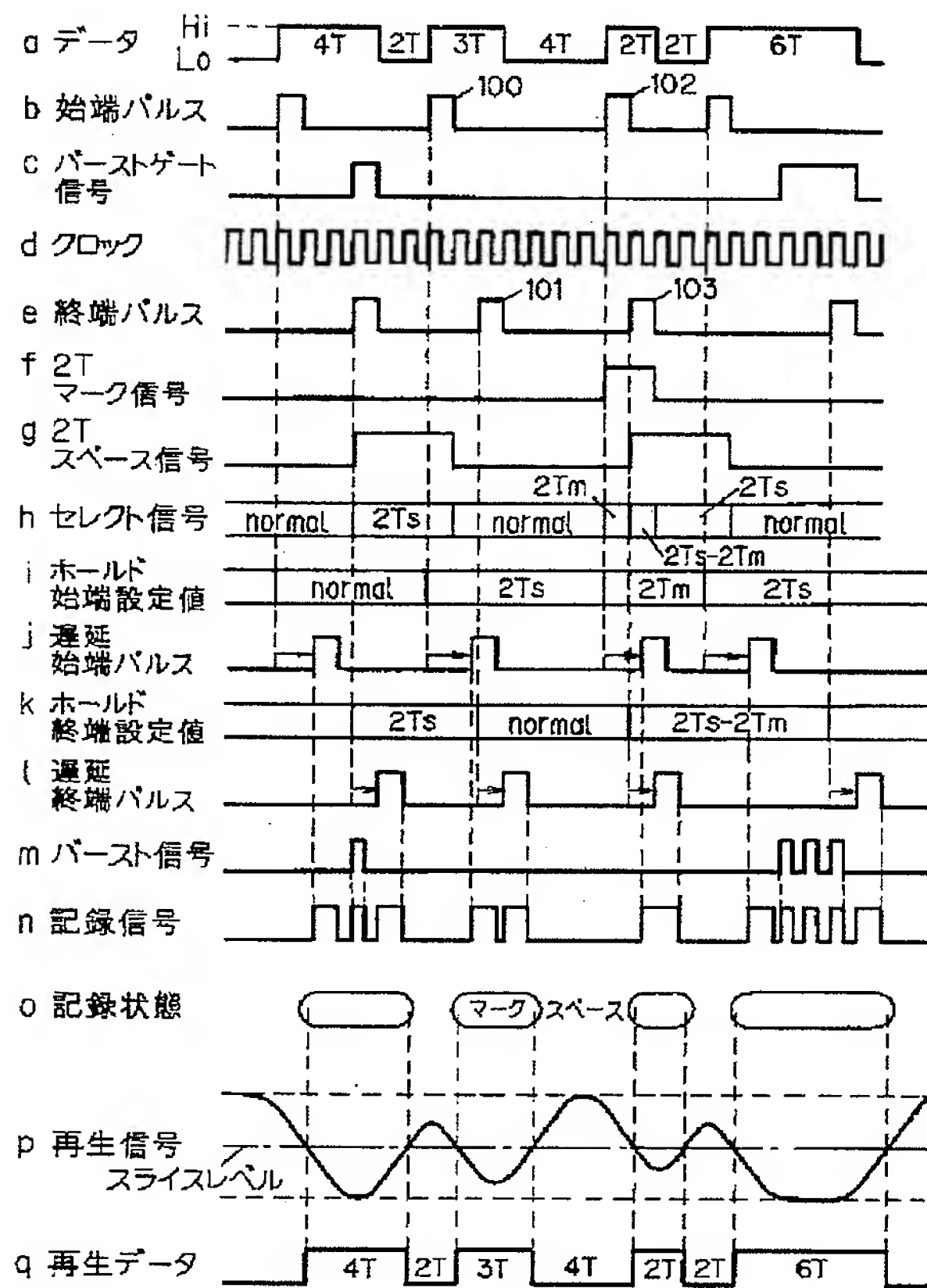
【符号の説明】

- 2 始端パルス発生回路
- 4 バーストゲート発生回路
- 6 終端パルス発生回路
- 8 マーク／スペース長検出回路
- 11 エンコーダ
- 14 始端用セレクタ
- 16 始端用サンプル／ホールド回路
- 17 始端用プログラマブルディレイライン
- 20 終端用セレクタ
- 22 終端用サンプル／ホールド回路
- 23 終端用プログラマブルディレイライン
- 26 ANDゲート
- 28 ORゲート
- 30 消去電流源
- 31 記録電流源
- 32 スイッチ
- 33 レーザーダイオード

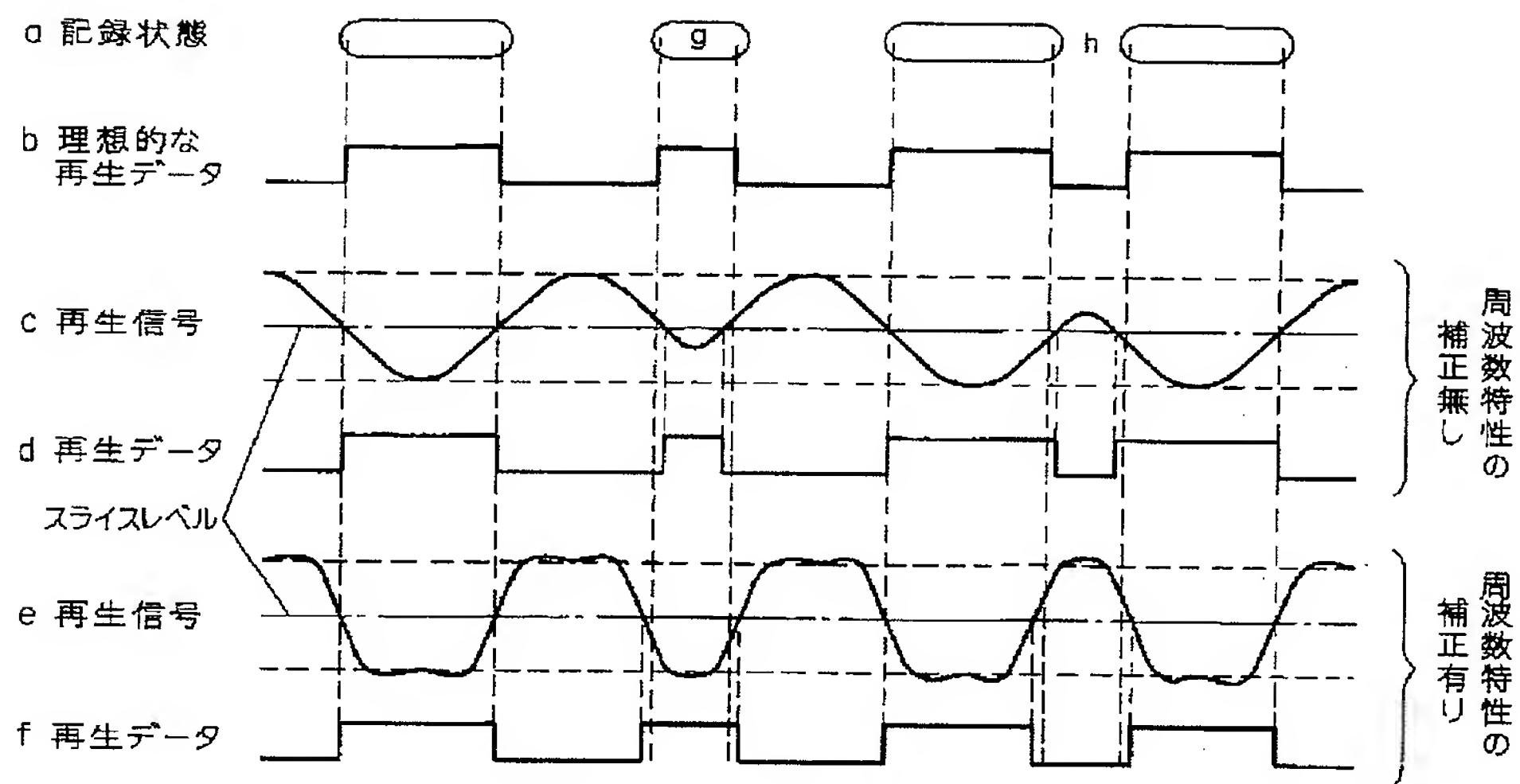
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

